

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-354460

(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl. H01L 21/205  
C23C 16/50  
H01L 21/31  
H05H 1/46

(21)Application number : 11-094598 (71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 01.04.1999 (72)Inventor : MURATA MASAYOSHI  
TAKEUCHI YOSHIAKI  
SERIZAWA AKIRA  
NAWATA YOSHIICHI  
OGAWA KAZUHIKO  
MASHIMA HIROSHI  
YOSHIDA HIROHISA

(30)Priority

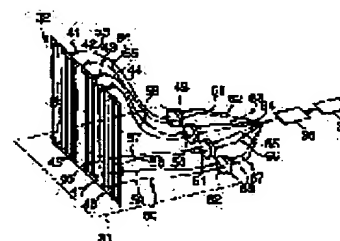
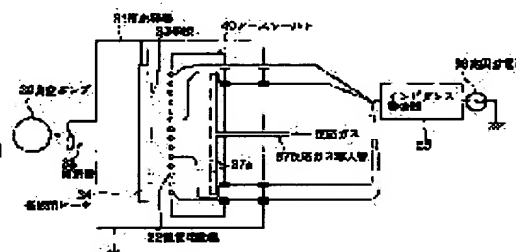
Priority number : 10 95989 Priority date : 08.04.1998 Priority country : JP

## (54) PLASMA CVD DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma CVD(chemical vapor deposition) device capable of uniformizing film thickness distribution and quickly performing plasma film formation.

SOLUTION: This device is provided with a reaction container 31, a means for introducing and discharging reaction gas to/from the reaction container 31, a ladder type electrode 32 for discharge housed from the inside of the reaction container 31 and a power source 36 for supplying power for glow discharge generation to the ladder type electrode 32 and an amorphous thin film is formed on the surface of a substrate installed inside the reaction container 31. In this case, coaxial cables 53-56 are used for feeders for connecting the ladder type electrode 32 and the power source 36, and the ladder type electrode 32 is not grounded by a ground line.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	18.05.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3068604
[Date of registration]	19.05.2000
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11354460 A**

(43) Date of publication of application: **24 . 12 . 99**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/205**  
**C23C 16/50**  
**H01L 21/31**  
**H05H 1/46**

(21) Application number: **11094598**

(22) Date of filing: **01 . 04 . 99**

(30) Priority: **08 . 04 . 98 JP 10 95989**

(71) Applicant: **MITSUBISHI HEAVY IND LTD**

(72) Inventor:  
**MURATA MASAYOSHI**  
**TAKEUCHI YOSHIKI**  
**SERIZAWA AKIRA**  
**NAWATA YOSHIICHI**  
**OGAWA KAZUHIKO**  
**MASHIMA HIROSHI**  
**YOSHIDA HIROHISA**

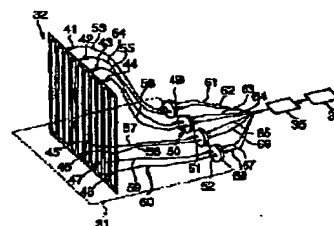
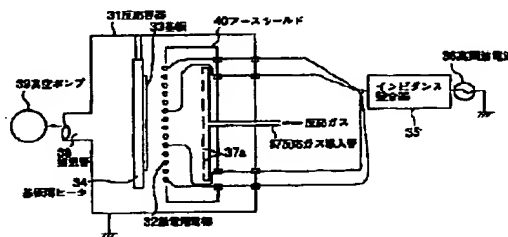
**(54) PLASMA CVD DEVICE**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a plasma CVD(chemical vapor deposition) device capable of uniformizing film thickness distribution and quickly performing plasma film formation.

**SOLUTION:** This device is provided with a reaction container 31, a means for introducing and discharging reaction gas to/from the reaction container 31, a ladder type electrode 32 for discharge housed from the inside of the reaction container 31 and a power source 36 for supplying power for glow discharge generation to the ladder type electrode 32 and an amorphous thin film is formed on the surface of a substrate installed inside the reaction container 31. In this case, coaxial cables 53-56 are used for feeders for connecting the ladder type electrode 32 and the power source 36, and the ladder type electrode 32 is not grounded by a ground line.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354460

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/50

C 2 3 C 16/50

B

H 0 1 L 21/31

H 0 1 L 21/31

C

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

M

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-94598

(22) 出願日 平成11年(1999)4月1日

(31) 優先権主張番号 特願平10-95989

(32) 優先日 平10(1998)4月8日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 村田 正義

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三

菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者 竹内 良昭

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三

菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者 芹沢 暁

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工

業株式会社長崎造船所内

(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

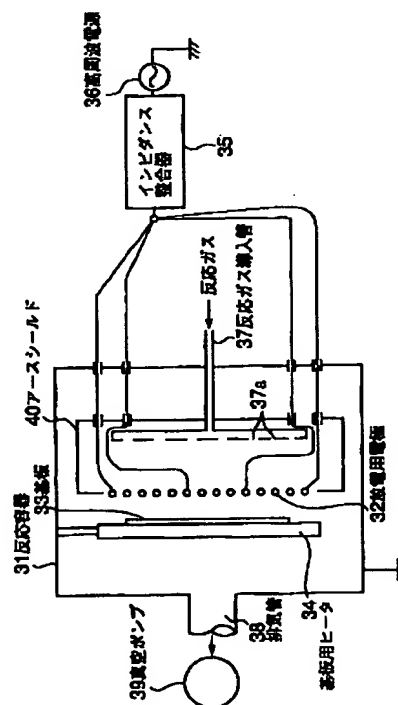
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマCVD装置

(57) 【要約】

【課題】 膜厚分布が均一で迅速にプラズマ成膜を行うことができるプラズマCVD装置を提供する。

【解決手段】 反応容器31と、この反応容器31に反応ガスを導入し、排出する手段と、前記反応容器31内から収容された放電用のはしご型電極32と、このはしご型電極32にグロー放電発生用電力を供給する電源36とを有し、前記反応容器31内に設置された基板表面に非晶質薄膜を形成するプラズマCVD装置において、前記はしご型電極32と電源36を結ぶ給電線に同軸ケーブル53～56を用い、かつ前記はしご型電極32を接地線で接地しない構成にした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入し、排出する手段と、前記反応容器内から収容された放電用のはしご型電極すなわちラダーアンテナ型電極あるいははしご状平面形コイル電極と、このはしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、前記反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは薄膜多結晶を形成するプラズマCVD装置において、

前記はしご型電極と電源を結ぶ給電線に同軸ケーブルを用い、かつ前記はしご型電極を接地線で接地しない構成にしたことを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項2】 請求項1において、

前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部に位置し、かつその個数は少なくとも4個であることを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項3】 請求項1において、

前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部の内側に位置し、かつその個数は少なくとも4個であることを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項4】 請求項2又は3において、

前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を30MHz乃至200MHzとし、かつはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項5】 請求項4において、

前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を85MHz乃至200MHzとし、かつ線径が0.5～5mmのはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とするプラズマCVD装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はプラズマCVD（化学蒸着）装置に関し、アモルファスシリコン太陽電池、微結晶太陽電池、薄膜多結晶太陽電池、薄膜半導体、光センサ、半導体保護膜等の各種電子デバイスに使用される薄膜の製造に適用されるプラズマCVD装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】アモルファスシリコン（以下、a-Siと記す）薄膜や微結晶薄膜や薄膜多結晶や窒化シリコン（以下、SiNxと記す）薄膜を製造するために、従来より用いられているプラズマCVD装置の構成について、2つの代表的例について説明する。即ち、放電発生に用いる電極として、はしご型電極、即ちラダーアンテナ電極あるいはラダーインダクタンス電極あるいははしご状平面形コイル電極とも呼ばれる電極を用いる方法、及び平行平板電極を用いる方法について説明する。

【0003】まず、はしご型電極を用いる方法については特開平4-236781号にはしご型電極として各種形状の電極を用いたプラズマCVD装置が開示されている。本方法の代表例について、図21を用いて説明する。図中の付番1は反応容器であり、この反応容器1内に放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3とが平行に配置されている。前記放電用はしご型電極2には、高周波電源4からインピーダンス整合器5を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給される。前記放電用はしご型電極2は、図22に示すように一端がインピーダンス整合器5を介して高周波電源4に接続されており、他端はアース線7に接続され、反応容器1とともに接地されている。

【0004】放電用はしご型電極2に供給された高周波電力は、反応容器1とともに接地された基板加熱用ヒータ3と放電用はしご型電極2との間にグロー放電プラズマを発生させ、放電空間経路で反応容器1の壁へ、また放電用はしご型電極2のアース線7を介してアースへ流れる。なお、このアース線7には同軸ケーブルが用いられている。

【0005】前記反応容器1内には、図示しないポンプから反応ガス導入管8を通して、例えばモノシランと水素との混合ガスが供給される。供給された反応ガスは、放電用はしご型電極2により発生したグロー放電プラズマにより分解され、基板加熱用ヒータ3上に保持され、所定の温度に加熱された基板9上に堆積する。また、反応容器1内のガスは、排気管10を通して真空ポンプ11により排気される。

【0006】以下、上記装置を用いて薄膜を製造する場合について説明する。まず、真空ポンプ11を駆動して反応容器1内を排気した後、反応ガス導入管8を通して、例えば、モノシランと水素との混合ガスを供給し、反応容器1内の圧力を0.05～0.5Torrに保つ。

【0007】この状態で、高周波電源4から放電用はしご型電極2に高周波電力を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。反応ガスは、放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3間に生じるグロー放電プラズマによって分解され、この結果SiH<sub>3</sub>、SiH<sub>2</sub>などのSiを含むラジカルが発生し、基板9表面に付着してa-Si薄膜が形成される。

【0008】次に、平行平板電極を用いる方法について図23を参照して説明する。図中の付番21は反応容器であり、この反応容器21内に高周波電極22と基板加熱用ヒータ23とが平行に配置されている。前記高周波電極22は、高周波電源24からインピーダンス整合器25を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給される。基板加熱用ヒータ23は、反応容器21とともに接地され、接地電極となっている。従って、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23との間でグロー放電プ

ラズマが発生する。

【0009】前記反応容器21内には図示しないポンペから反応ガス導入管26を通して例えばモノシランと水素との混合ガスが供給される。反応容器21内のガスは、排気管27を通して真空ポンプ28により排気される。基板29は、基板加熱用ヒータ23上に保持され、所定の温度に加熱される。

【0010】こうした装置を用いて、以下のようにして薄膜を製造する。まず、真空ポンプ28を駆動して反応容器21内を排気する。次に、反応ガス導入管26を通して例えばモノシランと水素との混合ガスを供給して反

応容器21内の圧力を0.05~0.5 Torrに保ち、高周波電源24から高周波電極22に電圧を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。

【0011】反応ガス導入管26から供給されたガスのうち、モノシランガスは高周波電極22~基板加熱用ヒータ23間に生じるグロー放電プラズマによって分解される。この結果、 $\text{SiH}_3$ 、 $\text{SiH}_2$ 等のSiを含むラジカルが発生し、基板29表面に付着して、a-Si薄膜が形成される。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術、即ちはしご型電極を用いる方法及び平行平板電極を用いる方法は、いずれも次のような問題を有している。

(1) 図21において、はしご型電極2近傍に発生した電界により反応ガス、例えば $\text{SiH}_4$ はSi、 $\text{SiH}$ 、 $\text{SiH}_2$ 、 $\text{SiH}_3$ 、H、 $\text{H}_2$ 等に分解され、基板9の表面にa-Si膜を形成する。しかしながら、a-Si膜形成の高速化を図るため、高周波電源の周波数を現状の13.56MHzより、30MHz乃至200MHzの超高周波帯(VHF帯: Very High Frequency)へ高くすると、はしご型電極近傍の電界分布が一様性がくずれ、その結果として、a-Si膜の膜厚分布が極端に悪くなる、という問題がある。図24は、基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布の関係を示す。膜厚分布の一様性(±10%以内)を確保できる基板の大きさ即ち面積は5cm×5cm乃至20cm×20cm程度である。

【0013】はしご型電極を用いる方法による高周波電源4の高周波数化が困難な理由は次の通りである。図25に示すように、はしご型電極の構造に起因したインピーダンスの不均一性が存在するために、プラズマ発光の強い部分が局部的になる。例えば、上記電極の周辺部に強いプラズマが発生し、中央部には発生しない。特に60MHz以上の超高周波数化に伴ってその減少は顕著になる。

【0014】従って、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は非常に困難で、不可能視されている。なお、a-Siの成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に

比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化されているが、大面積化(基板面積30cm×30cm以上)への成功例はまだ得られてない。

【0015】(2) 図23において、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23との間に発生する電界により、反応ガス、例えば $\text{SiH}_4$ はSi、 $\text{SiH}$ 、 $\text{SiH}_2$ 、 $\text{SiH}_3$ 、H、 $\text{H}_2$ 等に分解され、基板29の表面にa-Si膜を形成する。しかしながら、a-Si膜形成の高速化を図るため、高周波電源24の周波数を現状の13.56MHzより、30MHz乃至200MHzの超高周波帯(VHF帯: Very High Frequency)へ高くすると、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23間に発生する電界分布の一様性がくずれ、その結果として、a-Si膜の膜厚分布が極端に悪くなる、という問題がある。図24は、基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布(平均膜厚からのずれ)の関係を示す特性図である。膜厚分布の一様性(±10%以内)が確保できる基板の大きさ即ち面積は、5cm×5cm乃至20cm×20cm程度である。

【0016】平行平板電極を用いる方法による高周波電源24の超高周波数化が困難な理由は、次の通りである。平行平板型電極は、電極周辺部と中央部の電気特性が異なるため、図26(A)に示すように電極周辺部に強いプラズマが発生するか、あるいは図26(B)に示すように中央部分のみに強いプラズマが発生するという現実がある。

【0017】したがって、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は、非常に困難で、不可能視されている。なお、a-Siの成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化(基板面積30cm×30cm以上)への成功例はまだ得られてない。

【0018】また、図21に示す如く、はしご型電極2の接地線7を行うと、接地線7と電極2との接合点におけるプラズマが弱くなり、成膜速度が低下することが分かった。

【0019】本発明はこうした事情を考慮してなされたもので、放電用電極として、はしご型電極と電源を結ぶ給電線に同軸ケーブルを用い、かつ前記はしご型電極を接地線で接地しない構成にすることにより、成膜速度の低下を防止し得るプラズマCVD装置を提供することを目的とする。

【0020】また、本発明は、はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点を前記平面形コイル電極の周辺部又は内周部に位置し、かつその個数を少なくとも4個以上とすることにより、従来と比べ良好な膜厚分布が得られるプラズマCVD装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本発明の〔請求項 1〕の発明は、反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入し、排出する手段と、前記反応容器内から収容された放電用のはしご型電極すなわちラダーアンテナ型電極あるいははしご状平面形コイル電極と、このはしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、前記反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは薄膜多結晶を形成するプラズマ CVD 装置において、前記はしご型電極と電源を結ぶ給電線に同軸ケーブルを用い、かつ前記はしご型電極を接地線で接地しない構成にしたことを特徴とする。

【0022】〔請求項 2〕の発明は、請求項 1 において、前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部に位置し、かつその個数は少なくとも 4 個であることを特徴とする。ここで、給電点の位置は、具体的には、はしご型電極の上辺、下辺、左辺、右辺に 2 箇所以上、即ち例えば上辺、下辺それぞれに 2 箇所づつ合計 4 箇所、あるいは左辺、右辺それぞれに 4 箇所づつ合計 8 箇所とするのが好ましい。

【0023】〔請求項 3〕の発明は、請求項 1 において、前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部の内側に位置し、かつその個数は少なくとも 4 個であることを特徴とする。ここで、給電点の位置は、具体的には、はしご型電極の周辺部の内周中央側に、4 箇所乃至 8 箇所とするのが好ましい。

【0024】〔請求項 4〕の発明は、請求項 2 又は 3 において、前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を 30MHz 乃至 200MHz とし、かつはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とする。ここで、前記電源の周波数は 30MHz 乃至 150MHz とすることが好ましい。

【0025】〔請求項 5〕の発明は、請求項 4 において、前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を 85MHz 乃至 200MHz とし、かつ線径が 0.5～5mm のはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とする。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例に係るプラズマ CVD 装置について図 1 及び図 2 を参照して説明する。ここで、図 1 は同装置の全体図、図 2 は同装置の一構成を示す放電用電極に高周波電力を供給するための電気配線を示す説明図である。

【0027】図中の付番 31 は反応容器である。この反応容器 31 内には、グロー放電プラズマを発生させるのはしご型の SUS304 製の放電用電極（はしご型電極）32 と、被処理物としての基板 33 を支持するとともに該基板 33 の温度を制御する基板加熱用ヒータ 34

が配置されている。なお、前記放電用電極 32 は外寸法 57.2mm×57.2mm、直径 6mm の SUS 棒で製作され、その中心間隔は 26mm である。

【0028】前記放電用電極 32 には、インピーダンス整合器 35 を介して高周波電源 36 が接続されている。前記高周波電源 36 より放電用電極 32 に、例えば周波数 13.56MHz 乃至 200MHz の電力が供給される。前記反応容器 31 内には、反応ガスを前記放電用電極 32 周辺に導入する反応ガス吐出孔 37a を有した反応ガス導入管 37 が配置されている。前記反応容器 31 には、反応容器 31 内の反応ガス等のガスを排気する排気管 38 を介して真空ポンプ 39 が接続されている。

【0029】前記反応容器 31 内には、アースシールド 40 が配置されている。このアースシールド 40 は、不必要な部分での放電を抑制し、かつ、前記排気管 38 及び真空ポンプ 39 と組合せて使用されることにより、上記反応ガス導入管 37 より導入された SiH<sub>4</sub> 等の反応ガスを放電用電極 32 でプラズマ化した後、反応ガス及びその他生成物等を排気管 38 を介して排出する機能を有している。なお、反応容器 31 内の圧力は、図示しない圧力計によりモニタされ、前記真空ポンプ 39 の排気量を調整することにより制御される。

【0030】図 2 に示すように、前記放電用電極 32 の上辺、下辺には、4 個づつ電力供給端子 41、42、43、44、45、46、47、48 が着着されている。前記放電用電極 32 とインピーダンス整合器 35 間には、4 個の 2 ピンの電流導入端子 49、50、51、52 が夫々配置されている。前記高周波電源 36 より、例えば周波数 60MHz あるいは 80MHz の電力を、インピーダンス整合器 35 を介してかつ例えば 8 本の同軸ケーブル 61、62、63、64、65、66、67、68、前記電流導入端子 49～52 及び 8 本の真空用同軸ケーブル 53、54、55、56、57、58、59、60 により、前記電力供給端子 41～48 へ供給するようになっている。ここで、前記電力供給端子は 4 個以上とし、アース線は結線しない。

【0031】図 2 に示したプラズマ CVD 装置に用いるはしご型の放電用電極の他の形態の代表的なものを図 3～図 9 に示すが、本発明は以下のものに何ら限定されるものではない。図 3～図 9 に示すはしご型の放電用電極は、夫々上記電力供給端子の位置と個数が異なるものを示している。図 3 に示す放電用電極 32A は、上辺中央と下辺中央の位置にそれぞれ 1 個、合計 2 個の電力供給端子 32a、32b が配置された構成となっている。図 4 に示す放電用電極 32B は、左辺と上辺の 3 等分の位置にそれぞれ 2 個、合計 4 個の電力供給端子 32a、32b、32c、32d が配置された構成となっている。図 5 に示す放電用電極 32C は、上辺と下辺の 3 等分の位置にそれぞれ 2 個、合計 4 個の電力供給端子 32a、32b、32c、32d が配置された構成となってい

る。

【0032】図6に示す放電用電極32Dは、4つのコーナ部分に合計4個の電力供給端子32a, 32b, 32c, 32dが配置された構成となっている。図7に示す放電用電極32Eは、4つのコーナ部分と上辺、下辺、左辺、右辺の中央部にそれぞれ1個、合計8個の電力供給端子32a~32hが配置された構成となっている。図8に示す放電用電極32Fは、4つのコーナ部分と、左辺、右辺の3等分の位置にそれぞれ1個、合計8個の電力供給端子32a~32hが配置された構成となっている。図9に示す放電用電極32Gは、4つのコーナ部分と、上辺、下辺の3等分の位置にそれぞれ1個、合計8個の電力供給端子32a~32hが配置された構成となっている。

【0033】次に、上記構成のプラズマCVD装置を用いてa-Si膜を製作する方法について説明する。ここで、放電用電極32でSiH<sub>4</sub>プラズマを発生させるとそのプラズマ中に存在するSiH<sub>3</sub>, SiH<sub>2</sub>, SiH等のラジカルが拡散現象により拡散し、基板33表面に吸着されることにより、a-Si膜、あるいは微結晶Siあるいは薄膜多結晶Siが堆積する。なお、a-Si膜あるいは微結晶Si及び薄膜多結晶Siは、成膜条件の中のSiH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>の流量比、圧力及びプラズマ発生用電力を適正化することで成膜できることは公知の技術であるので、ここではSiH<sub>4</sub>ガスを用いたa-Si成膜を例にとり説明する。当然ながら、微結晶Si及び薄膜多結晶Siを成膜することも可能である。

【0034】まず、図1に示す装置において、真空ポンプ39を稼働させて反応容器31内を排気し、到達真空度を2~3×10<sup>-7</sup>Torrとする。つづいて、反応ガス導入管37より反応ガス、例えばSiH<sub>4</sub>ガスを80~200cc/分程度の流量で供給する。この後、反応容器31内の圧力を0.05~0.1Torrに保ちながら、高周波電源36からインピーダンス整合器35を介して放電用電極32に高周波電力を供給する。その結果、放電用電極32の近傍にSiH<sub>4</sub>のグロー放電プラズマが発生する。このプラズマは、SiH<sub>4</sub>ガスを分解し、基板33の表面にa-Si膜を形成する。但し、成膜速度は高周波電源36の周波数及び出力にも依存するが、0.5~3nm/s程度である。

【0035】図10は、図3~図9に示した放電用電極32を用いて高周波電源36の周波数を60MHzとし、面積40cm×50cmのガラス基板（商品名：コーニング#7059、コーニング社製造）にa-Si膜を成膜した結果を示す。ここで、成膜条件は、SiH<sub>4</sub>ガス流量700cc/分、圧力0.2Torr、高周波電力500Wであった。図10により、電力供給端子の個数が2個の場合膜厚分布は±2.6%であるが、該個数が4個の場合膜厚分布は±1.4%、該個数が8個の場合、膜厚分布±0.6%と著しく良好な結果を示している。

【0036】図11は、図3~図9に示した放電用電極32を用い、高周波電源36の周波数を80MHzとし、面積40cm×50cmのガラス基板（商品名：コーニング#7059、コーニング社製造）にa-Si膜を成膜した結果の例を示している。ここで、成膜条件は、SiH<sub>4</sub>ガス流量700cc/分、圧力0.2Torr、高周波電力500Wであった。図11により、電力供給端子の個数が2個の場合膜厚分布は±3.0%であるが、該個数が4個の場合膜厚分布は±1.8%、該個数が8個の場合、膜厚分布±0.8%と著しく良好な結果を示している。

【0037】なお、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ及び感光ドラムなどの製造では、膜厚分布としては±1.0%以内であれば性能上問題はない。上記実施例によれば、放電用電極として用いるはしご型電極周辺部に電力供給端子を合計4個以上、望ましくは8個以上設置することにより、60MHz及び80MHzを用いても、従来の装置及び方法に比べ、著しく良好な膜厚分布を得ることが可能になった。特に、高周波電源36の周波数が60MHzの場合には、基板サイズ40cm×50cmにて、膜厚分布±1.0%以内を実現できた。このことは、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ（TFT）駆動液晶ディスプレイ及びa-Si感光体等の製造分野での生産性向上及び低コスト化に係る工業的価値が著しく大きいことを意味している。

【0038】一方、従来のプラズマ蒸着装置では、30MHz以上での高周波電源を用いると、膜厚分布が著しく悪く、30cm×30cm乃至50cm×50cm程度以上の大面積基板では実用化が困難であった。

【0039】次に、高周波電源の周波数をプラズマ密度が一層高い100MHz以上の超高周波帯とした場合について、さらに、均一な膜が迅速に成膜できるはしご型の放電電極について説明する。図3~図9の放電電極のように電極の周辺部に給電点を設けた場合では、100MHz以上での高周波電源を用いると、プラズマ密度は良好なものの膜厚分布が悪くなるので、本発明では、放電電極の周辺部の内側の中央部に給電点を設けて、これを解消することとした。これにより、30cm×30cm乃至50cm×50cm程度以上の大面積基板でも良好に成膜することができることとなる。

【0040】図2に示したプラズマCVD装置に用いる放電用電極32として、周辺部の内側に給電点を配したはしご型の放電用電極の代表的なものを図12及び図13に示すが、本発明は以下のものに何ら限定されるものではない。図12（A）に示すはしご型の放電用電極は、前述した図6に示す放電用電極32Dの平面図であり、4つのコーナ部分に合計4個の電力供給端子32a, 32b, 32c, 32dが配置された構成となっている。図12（B）に示すはしご型の放電用電極132Aは、電極の周辺部の内側の中央部に合計4個の電力供



給端子132a, 132b, 132c, 132dが矩形状に配置された構成となっている。図12(C)に示すはしご型の放電電極132Bは、電極の周辺部の内側の中央部に合計4個の電力供給端子132a, 132b, 132c, 132dが配置され、さらに、端子132aと端子132cとの間に斜めに4個の端子132e~132hが配置され、合計8個の電力供給端子を配した構成となっている。

【0041】図13(A)に示すはしご型の放電電極132Cは、電極の周辺部の内側の中央部に斜めに合計8個の電力供給端子132a~132hが配置された構成となっている。図13(B)に示すはしご型の放電電極132Dは、電極の周辺部の内側の中央部に合計4個の電力供給端子132a, 132b, 132c, 132dが矩形状に配置され、さらに、その内部に4個の端子132e~132hが矩形状に配置され、合計8個の電力供給端子を配した構成となっている。図13(C)に示すはしご型の放電電極132Eは、電極の周辺部の内側の中央部に合計4個の電力供給端子132a, 132b, 132c, 132dが矩形状に配置され、さらに、端子132aと端子132cとの間に斜めに6個の端子132e~132jが配置され、合計10個の電力供給端子を配した構成となっている。なお、放電電極の周辺部の内側に配置する端子の個数は少なくとも4個以上とするのが好ましいが、あまり個数が多いと電力の分割ロスがあり、好ましくなく、成膜する基板の大きさや電極の線径及び間隔により適宜設定するようにすればよい。

【0042】図14に図12(A)~(C)に示した電極を用いて、高周波電源の周波数を120MHzの超高周波帯とした場合のプラズマ密度分布の相対値を図15~図17に示す。図15は図12(A)の電極(四隅(4点))であり、図16は図12(B)の電極(中央(4点))であり、図17は図12(C)の電極(中央(8点))のものであり、この結果をまとめ、プラズマ密度の偏差値(平均値からのズレ)を求めた結果を図14示す。ここで、放電電極32を40cm×40cmとし、基板(30cm×30cm)におけるプラズマ密度分布の平均を求めた。

【0043】図14の測定条件は、H<sub>2</sub>プラズマとし、高周波電源の周波数を120MHzとし、面積30cm×30cmのガラス基板(商品名:コーニング#7059、コーニング社製造)にa-Si膜を成膜した結果を示す。ここで、成膜条件は、SiH<sub>4</sub>ガス流量50scc/分、圧力50mTorr、高周波電力150Wであった。図14に示すように、図12(B)及び図12(C)に示した構成の放電電極132A及び132Bは、図12(A)に示した放電電極32Dに比べて、周波数を120MHzとした場合でも密度分布が極めて良好であることが判明した。特に、8点とした図12

(C)に示す放電電極132Bの密度分布が平坦性が良好であった。この結果、放電電極の内側に少なくとも4個以上の給電用の端子を配置することにより、高い超高周波帯とした場合であっても均一な膜が迅速に成膜できることが判明した。

【0044】次に、高周波電源36の周波数を100MHz以上のプラズマ密度が高い超高周波帯とした場合について、さらに、均一な膜が迅速に成膜できるはしご型の放電電極について説明する。図12及び図13の放電電極では電極の周辺部に内側の中央部に給電点を設けて、超高周波帯とした場合であっても良好な成膜ができることを示したが、本発明では更に、放電電極の線径について細線化することによってもこれを解消することができたので、以下に説明する。

【0045】図18は図12(B)の斜視図であるが、本実施の形態ではその電極の断面形状を円形としその線径を3mmとしている。一般的な線径は前述した実施の形態に示すように6mmであるが、6mmの場合では高周波電源36の周波数を85MHz以上とした場合に、プラズマ密度分布が均一にならないという問題がある。

【0046】図19ははしご型電極の線径(mm)とプラズマ密度の偏差値との関係を示すものであり、電極の線径を種々変化させ、高周波電源の周波数を120MHzとした場合におけるプラズマ密度の偏差値である。このため、図19に示すように、その線径を0.5~5mmと細線化することにより、膜厚が均一で迅速な成膜を実施することができることとした。

【0047】図20は、電極の断面形状が円形で線径が3mmの場合、電極の断面形状が円形で線径が6mmの場合、電極の断面形状が矩形で線径が3mmの場合、電極の断面形状が円形で線径が12mmの場合において、それぞれ電極の中央に4点の端子を配した場合における測定位置を変化させた密度分布の実測値を示す。図20の測定条件は、H<sub>2</sub>プラズマとし、高周波電源の周波数を120MHzとし、面積30cm×30cmのガラス基板(商品名:コーニング#7059、コーニング社製造)にa-Si膜を成膜した結果を示す。ここで、成膜条件は、SiH<sub>4</sub>ガス流量50scc/分、圧力50mTorr、高周波電力150Wであった。なお、図中破線方向において測定し、●は給電点を示す。

【0048】この結果、線径が6mmに比べて線径が5mmとした場合には、10%の改善が認められた。なお、線径は細いほど良好であることが判明したが、線径が0.5mm未満の場合には、機械強度が弱体化すると共に、さらなる分布の改善がみられなかった。

【0049】よって、放電電極の線径は、機械強度及び電力消費量とを勘案し、高周波電源の周波数を85MHz以上の200MHzにおいて、0.5mm~5mmとすることが好適である。この結果、放電電極の電極の線径を0.5mm~5mmとすることにより、85MHz以上

の200MHzの超高周波帯とした場合であっても、30cm×30cm乃至60cm×60cm程度以上の大面積基板でも良好にしかも迅速に成膜することができることとなった。

#### 【0050】

【発明の効果】以上詳述したように【請求項1】の発明によれば、放電用電極として、はしご型電極と電源を結ぶ給電線に同軸ケーブルを用い、かつ前記はしご型電極を接地線で接地しない構成にすることにより、成膜速度の低下を防止し得るプラズマCVD装置を提供することができる。

【0051】【請求項2】の発明によれば、はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点をはしご型電極の周辺部に位置し、かつその個数を少なくとも4個以上とすることにより、従来と比べ良好な膜厚分布が得られるプラズマCVD装置を提供できる。

【0052】【請求項3】及び【請求項4】の発明によれば、前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部の内側に位置し、かつその個数は少なくとも4個とすることにより、超高周波とした場合においても良好な成膜が迅速に得られる。

【0053】【請求項5】の発明によれば、前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を85MHz乃至200MHzとし、かつ線径が0.5～5mmのはしご型電極を用いるようにしたので、さらに、超高周波とした場合においても、均一で良好な成膜が迅速に得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係るプラズマCVD装置の全体図である。

【図2】図1の装置の一構成を示す放電用電極に高周波電力を供給するための電気配線を示す説明図である。

【図3】本発明に係る放電用電極で、上辺、下辺に1個ずつ電力供給端子が設けられた場合の説明図である。

【図4】本発明に係る放電用電極で、上辺、下辺にそれぞれ2個ずつ電力供給端子が設けられた場合の説明図である。

【図5】本発明に係る放電用電極で、上辺、下辺にそれぞれ2個ずつ、合計4個電力供給端子が設けられた場合の説明図である。

【図6】本発明に係る放電用電極で、コーナ部分に1個ずつ、合計4個電力供給端子が設けられた場合の説明図である。

【図7】本発明に係る放電用電極で、コーナ部分及び上辺、下辺、左辺、右辺にそれぞれ1個ずつ、合計8個電力供給端子が設けられた場合の説明図である。

【図8】本発明に係る放電用電極で、コーナ部分4個を含み、左辺、右辺にそれぞれ4個ずつ、合計8個電力供給端子が設けられた場合の説明図である。

【図9】本発明に係る放電用電極で、コーナ部分4個を含み、上辺、下辺にそれぞれ4個ずつ、合計8個電力供給端子が設けられた場合の説明図である。

【図10】周波数60MHz、電力500Wの条件下での本発明装置を用いた場合の給電点と膜厚分布との関係を示す特性図である。

【図11】周波数80MHz、電力500Wの条件下での本発明装置を用いた場合の給電点と膜厚分布との関係を示す特性図である。

10 【図12】本発明に係る放電用電極で、四隅に4個の電力供給端子が設けられた場合（A）、中央に4個の電力供給端子が設けられた場合（B）、中央に8個の電力供給端子が設けられた場合（C）の説明図である。

【図13】本発明に係る放電用電極で、中央に斜めに8個の電力供給端子が設けられた場合（A）、中央に8個の電力供給端子が設けられた場合（B）、中央に10個の電力供給端子が設けられた場合（C）の説明図である。

20 【図14】周波数120MHzの条件下での本発明装置を用いた場合の給電位置とプラズマ密度分布との関係を示す特性図である。

【図15】周波数120MHzの条件下での図12（A）の電極を用いたプラズマ密度分布の図である。

【図16】周波数120MHzの条件下での図12（B）の電極を用いたプラズマ密度分布の図である。

【図17】周波数120MHzの条件下での図12（C）の電極を用いたプラズマ密度分布図である。

【図18】図12（B）の電極（線径：3mm）の斜視図である。

30 【図19】周波数120MHzの条件下での本発明装置を用いた場合の線径とプラズマ密度分布との関係を示す特性図である。

【図20】周波数120MHzの条件下での図12

（B）の電極を用いた線径変化によるプラズマ密度分布の実測図である。

【図21】ラダーインダクタンス電極を用いた従来のプラズマCVD装置の全体図である。

【図22】図22の装置の一構成要素である放電用電極に高周波電力を供給する電気配線の説明図である。

40 【図23】平行平板電極を用いた従来のプラズマCVD装置の全体図である。

【図24】従来装置におけるプラズマ電源周波数の膜厚分布との関係を示す特性図である。

【図25】図21の従来装置におけるインピーダンスの不均一性を説明するための図である。

【図26】図23の従来装置における電極周辺部と中央部分の電気特性の相違を説明するための図である。

#### 【符号の説明】

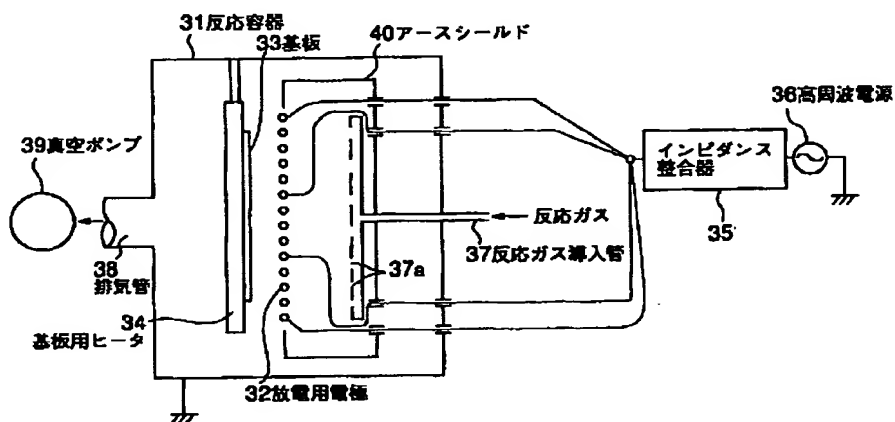
31 反応容器

50 32 放電用電極

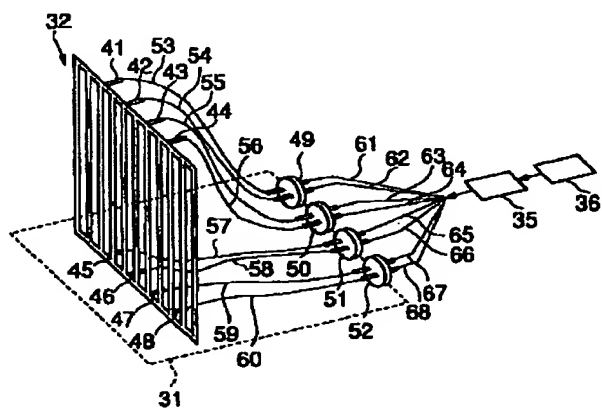
32A~32G 放電用電極  
 33 基板  
 34 基板放熱用ヒータ  
 35 インピーダンス整合器  
 36 高周波電源  
 37 反応ガス導入管  
 38 排気管

\* 39 真空ポンプ  
 40 アースシールド  
 41~48 電力供給端子  
 49~52 電力導入端子  
 53~60 真空用同軸ケーブル  
 61~68 同軸ケーブル  
 \* 132A~132E 放電用電極

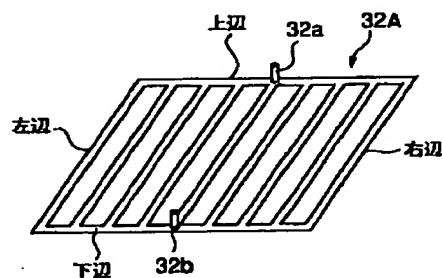
【図1】



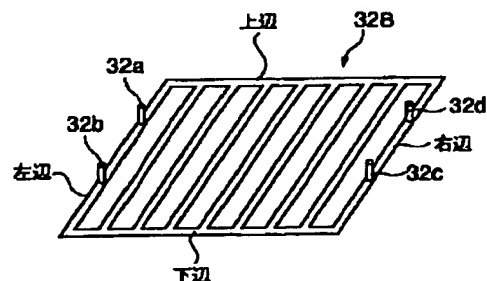
【図2】



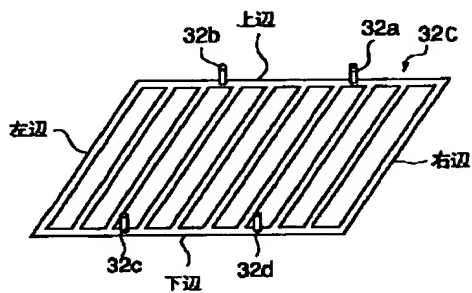
【図3】



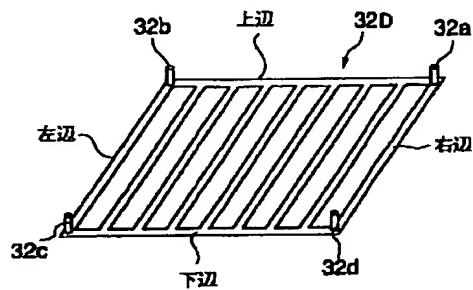
【図4】



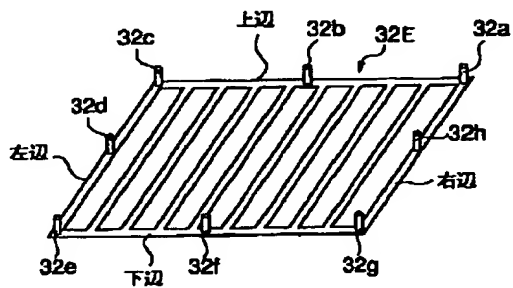
【図5】



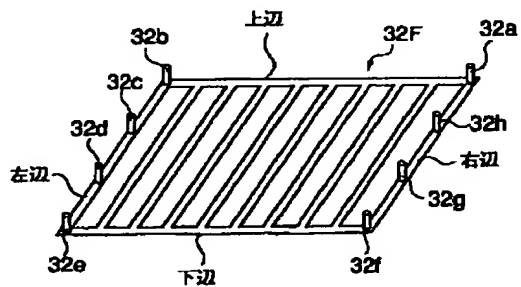
【図6】



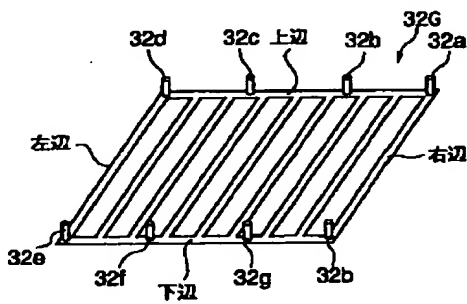
【図7】



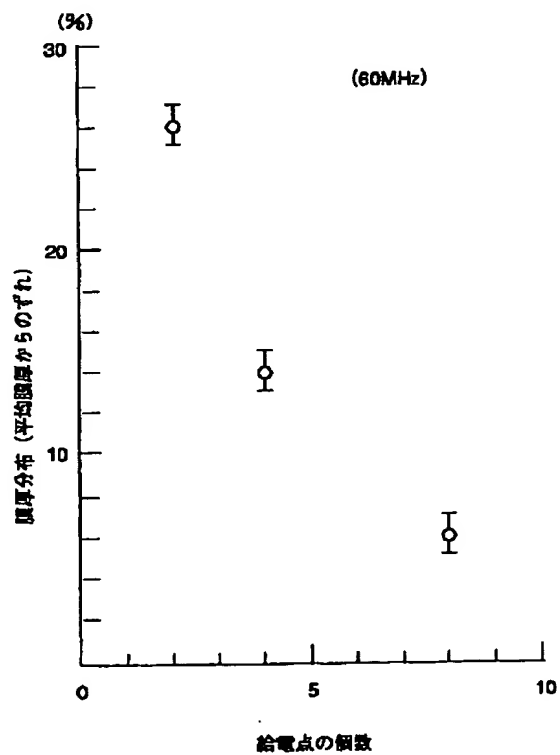
【図8】



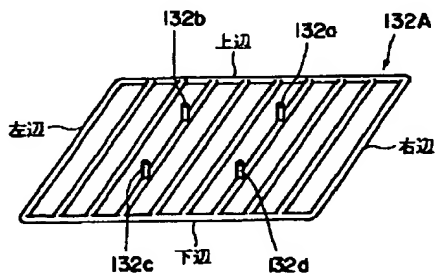
【図9】



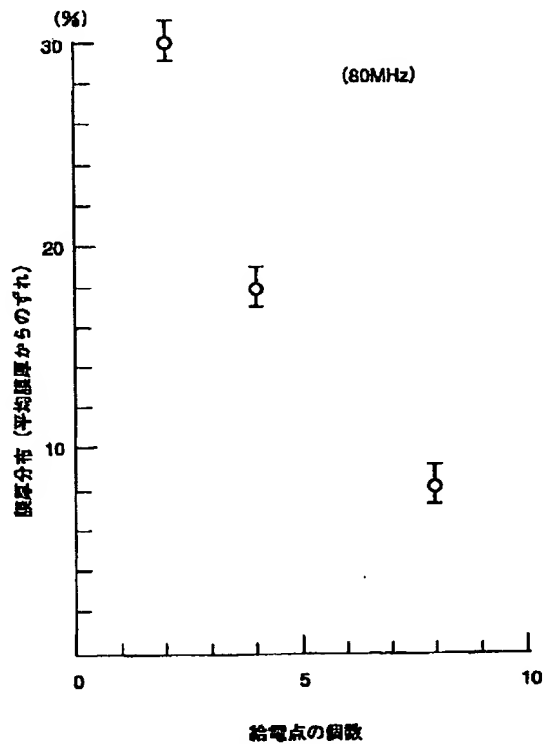
【図10】



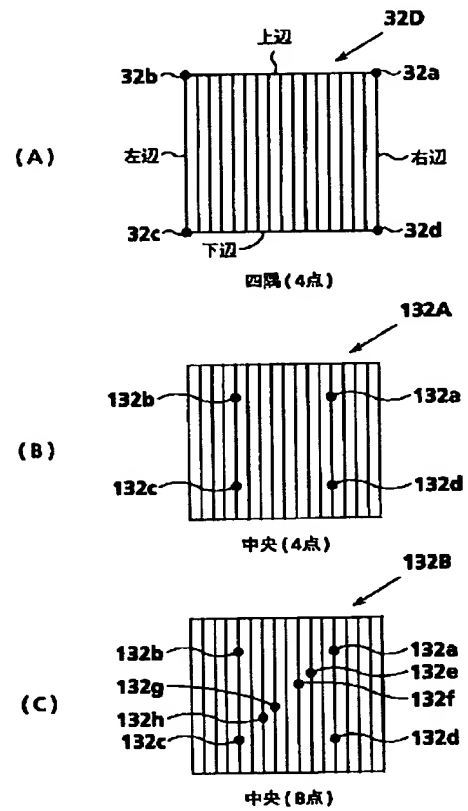
【図18】



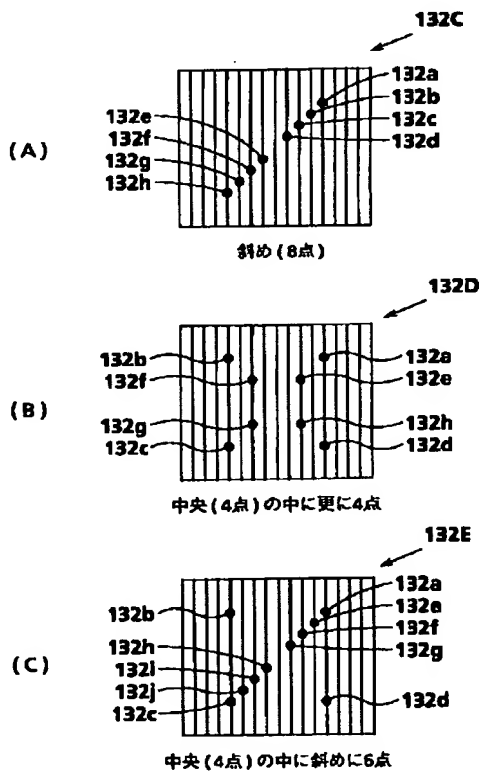
【図11】



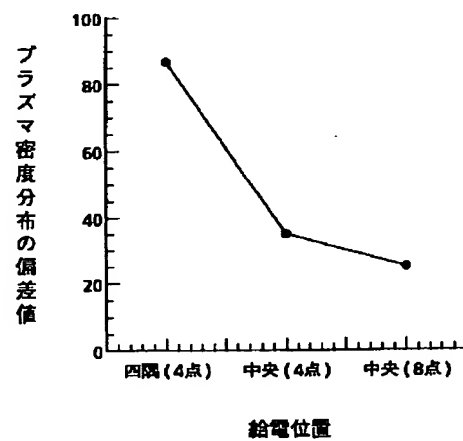
【図12】



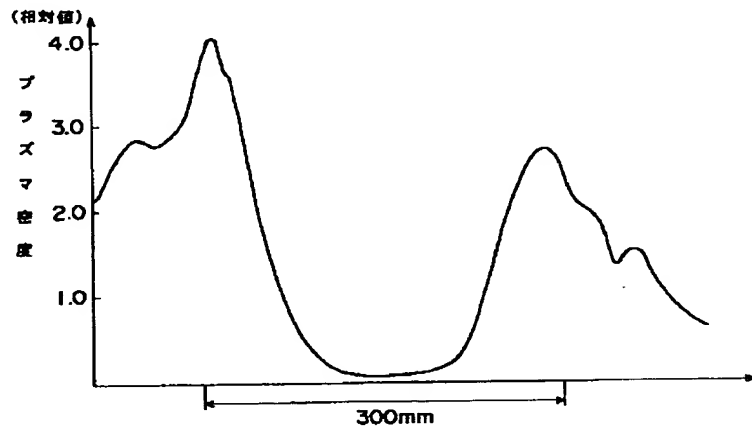
【図13】



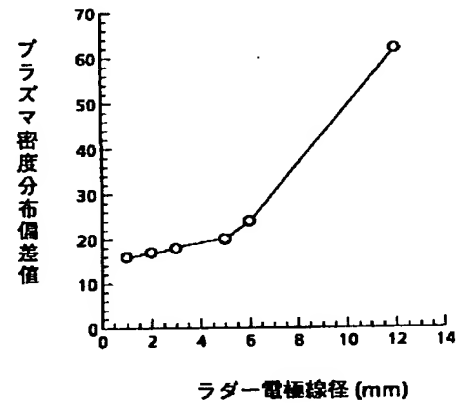
【図14】



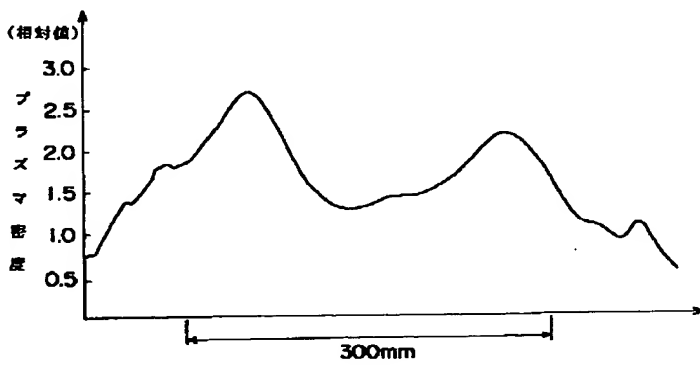
【図15】



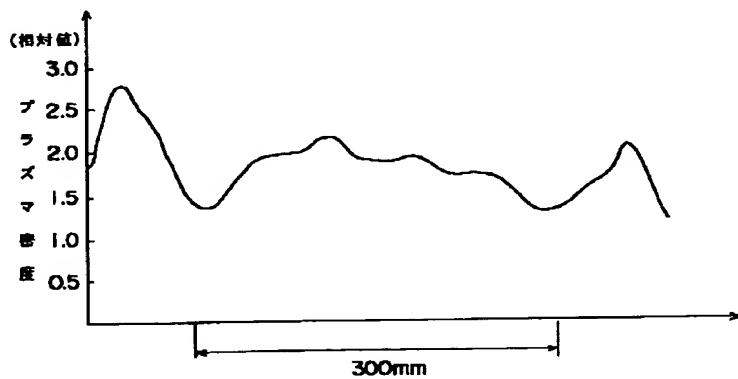
【図19】



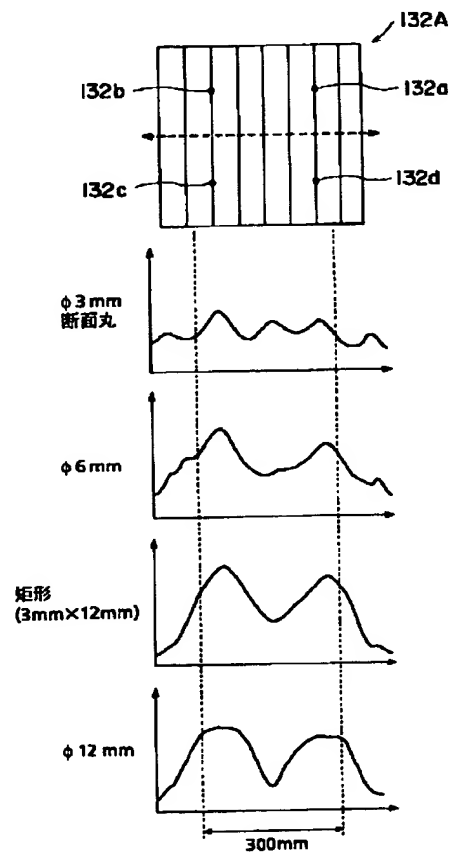
【図16】



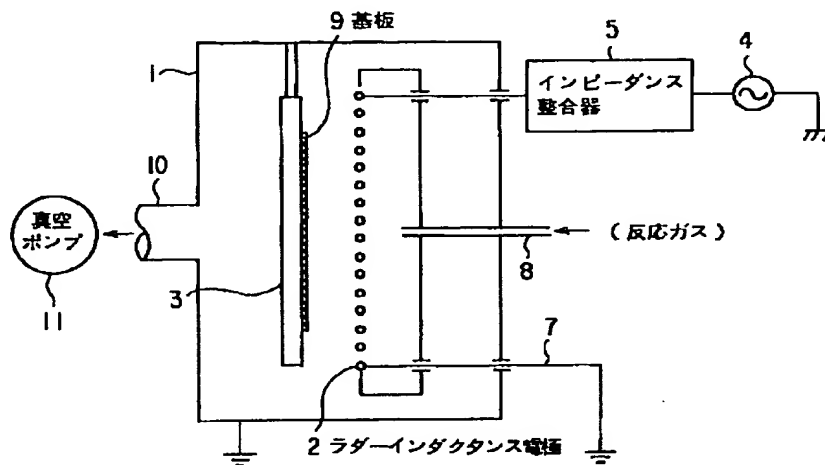
【図17】



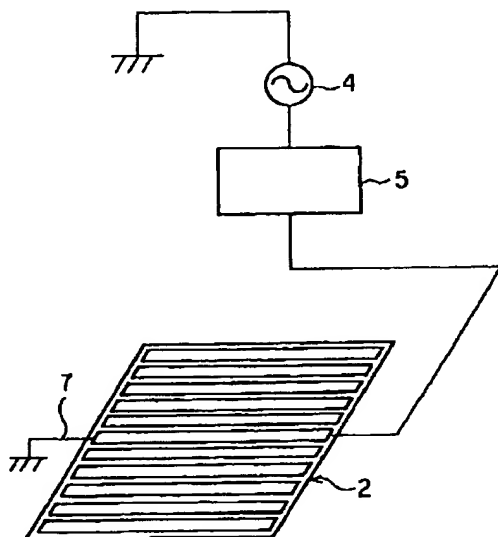
【図20】



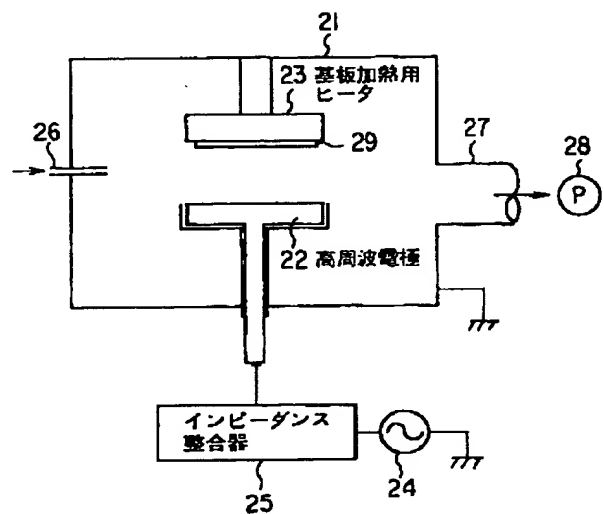
【図 2 1】



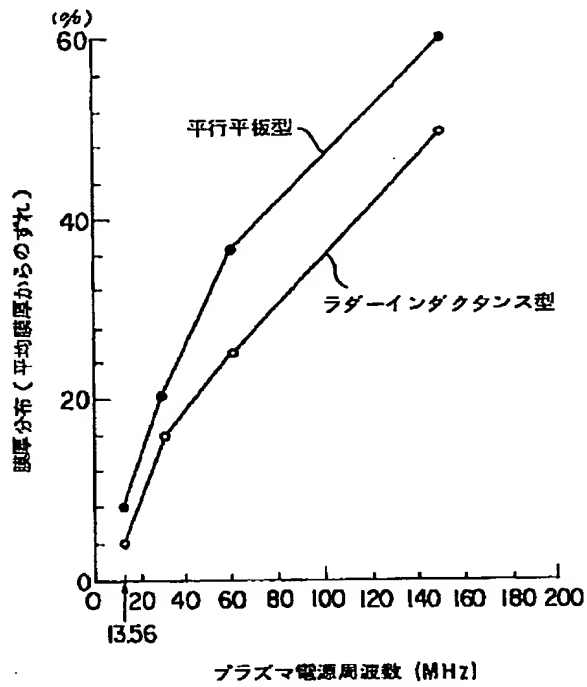
【図 2 2】



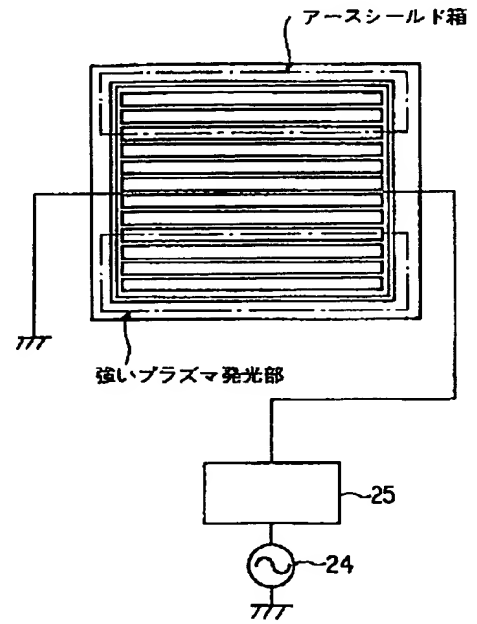
【図 2 3】



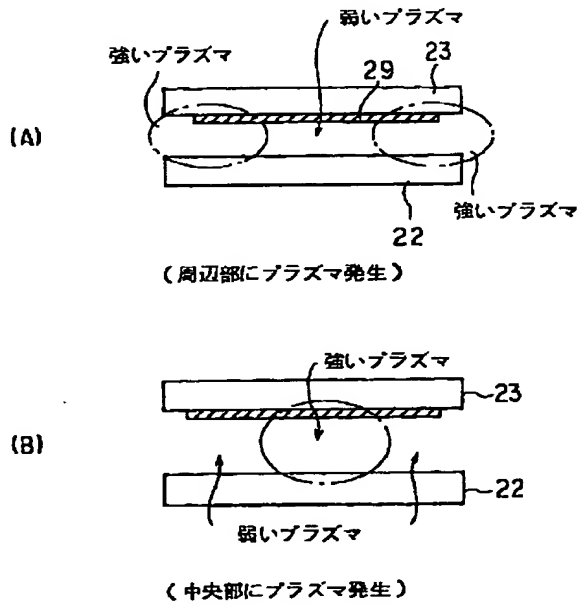
【図24】



【図25】



【図26】





## 【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 5 月 18 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入し、排出する手段と、前記反応容器内から収容された放電用のはしご型電極すなわちラダーアンテナ型電極あるいははしご状平面形コイル電極と、このはしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、前記反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは薄膜多結晶を形成するプラズマ CVD 装置において、  
前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部に位置し、かつその個数は少なくとも 4 個であることを特徴とするプラズマ CVD 装置。

【請求項 2】 反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入し、排出する手段と、前記反応容器内から収容された放電用のはしご型電極すなわちラダーアンテナ型電極あるいははしご状平面形コイル電極と、このはしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、前記反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは薄膜多結晶を形成するプラズマ CVD 装置において、  
前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部の内側に位置し、かつその個数は少なくとも 4 個であることを特徴とするプラズマ CVD 装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、  
前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を 30 MHz 乃至 200 MHz とし、かつはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とするプラズマ CVD 装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、  
前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を 85 MHz 乃至 200 MHz とし、かつ線径が 0.5～5 mm のはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とするプラズマ CVD 装置。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】削除

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本発明の「請求項 1」の発明は、反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入し、排出する手段と、前記反応容器内から収容された放電用のはしご型電極すなわちラダーアンテナ型電極あるいははしご状平面形コイル電極と、このはしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、前記反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは薄膜多結晶を形成するプラズマ CVD 装置において、前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部に位置し、かつその個数は少なくとも 4 個であることを特徴とする。ここで、給電点の位置は、具体的には、はしご型電極の上辺、下辺、左辺、右辺に 2 箇所以上、即ち例えば上辺、下辺それぞれに 2 箇所ずつ合計 4 箇所、あるいは左辺、右辺それぞれに 4 箇所ずつ合計 8 箇所とするのが好ましい。

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】「請求項 2」の発明は、反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入し、排出する手段と、前記反応容器内から収容された放電用のはしご型電極すなわちラダーアンテナ型電極あるいははしご状平面形コイル電極と、このはしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、前記反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは薄膜多結晶を形成するプラズマ CVD 装置において、前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部の内側に位置し、かつその個数は少なくとも 4 個であることを特徴とする。ここで、給電点の位置は、具体的には、はしご型電極の周辺部の内周中央側に、4 箇所乃至 8 箇所とするのが好ましい。

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】「請求項 3」の発明は、請求項 1 又は 2 において、前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を 30 MHz 乃至 200 MHz とし、かつはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とする。ここで、前記電源の周波数は 30 MHz 乃至 150 MHz とすることが好ましい。

## 【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0025

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0025】 [請求項4] の発明は、請求項3において、前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を85MHz乃至200MHzとし、かつ線径が0.5～5mmのはしご型電極を用いるようにしたことを特徴とする。

【手続補正7】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0050

【補正方法】 削除

【手続補正8】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0051

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0051】

【発明の効果】 以上詳述したように[請求項1]の発明によれば、はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点をはしご型電極の周辺部に位置し、かつその個数を少なくとも4個以上とすることにより、従来と比べ良好な膜厚分布が得られるプラズマCVD装置を

提供できる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0052

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0052】 [請求項2] 及び [請求項3] の発明によれば、前記はしご型電極と同軸ケーブルとを結線する位置である給電点は、前記はしご型電極の周辺部の内側に位置し、かつその個数は少なくとも4個とすることにより、超高周波とした場合においても良好な成膜が迅速に得られる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0053

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0053】 [請求項4] の発明によれば、前記はしご型電極にグロー放電発生用電力を供給する電源の周波数を85MHz乃至200MHzとし、かつ線径が0.5～5mmのはしご型電極を用いるようにしたので、さらに、超高周波とした場合においても、均一で良好な成膜が迅速に得られる。

フロントページの続き

(72)発明者 縄田 芳一

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎造船所内

(72)発明者 小川 和彦

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎造船所内

(72)発明者 真島 浩

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(72)発明者 吉田 博久

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内